

Шифр «Колектор»

**Використання об'єктно-орієнтованого
моделювання для аналізу роботи насосних
станцій та гідравлічних систем**

Зміст

Вступ.....	3
1 Розробка моделі гідравлічної мережі.....	6
1.1 Методи моделювання роботи гідравлічних мереж	6
1.2 Математичне моделювання процесів в гідравлічних системах	8
1.3 Особливості комп'ютерного моделювання роботи гідравлічної системи	10
2 Досвід застосування об'єктно-орієнтованого моделювання гідравлічних мереж	14
3 Напрями розвитку роботи	23
Висновки	24
Список літератури	26

Вступ

Актуальність теми. Однією з основних складових реформування житлово-комунального господарства України є переоснащення його матеріальної бази, яка за останні роки морально та фізично застаріла. Постійне недофінансування розвитку матеріальної бази галузі спричинило невиправдане збільшення енергоємності та загальної витратності технологічних процесів житлово-комунального господарства населених пунктів держави.

Складовою частиною цього розгалуженого господарства є водопостачання та водовідведення [1].

Водовідведення, зважаючи на його вирішальну роль у проблемах додержання санітарного стану міст, є ключовою проблемою [2].

Експлуатація систем водовідведення у деяких випадках є проблематичною через:

- зношеність каналізаційних мереж;
- застаріле технологічне обладнання каналізаційних насосних станцій (КНС), у тому числі насосне;
- невідповідність експлуатаційних гідравлічних показників мереж (кількість стоків, що перекачується) тим показникам, що були запроектовані;
- низький кваліфікаційний рівень персоналу, що планує графіки режиму роботи обладнання каналізаційних мереж.

Практично у всіх містах держави складається доволі тяжка ситуація при експлуатації зазначених мереж та обладнання. Деякі мережі, а навіть і цілі комплекси, перевищили свій нормативний термін експлуатації, що є причиною частих поривів, а як наслідок і екологічних негараздів. Основна маса каналізаційних мереж та систем потребують заміни або негайного капітального ремонту, що у повному обсязі, при сьгоднішніх можливостях фінансування, є неможливим. Тому нагальною необхідністю сьогодення є проведення робіт з

діагностування стану каналізаційних мереж, їх окремих ланок та обладнання. Однією з основних задач при виконанні таких робіт є розробка проектних пропозицій реконструкції мереж, їх модернізації з одночасним підвищенням енергоефективності роботи насосного обладнання.

Мета роботи – визначення параметрів роботи насосних станцій, що працюють на напірний каналізаційний колектор з метою їх узгодження та підвищення енергоефективності.

Для вирішення мети в роботі поставлені такі **задачі**:

- провести об'єктно-орієнтоване моделювання роботи системи напірного колектора;
- визначити адекватність моделі реальній мережі;
- визначити гідравлічні та енергетичні параметри робочого процесу насосних агрегатів насосних станцій;
- визначити енергоефективність роботи насосних агрегатів при різних комбінаціях роботи насосних станцій на мережу.

Об'єкт дослідження – насосні агрегати насосних станцій та гідравлічна мережа колектору.

Предмет дослідження – робочий процес насосних агрегатів, що працюють на зазначену мережу.

Методи дослідження.

Основними методами досліджень є методи математичного моделювання, за допомогою яких були побудовані математичні моделі робочого процесу, що використовувалися для визначення енергетичних параметрів роботи насосних агрегатів.

Наукова новизна полягає у тому, що обґрунтовано застосування об'єктно-орієнтованого моделювання роботи каналізаційного колектору при різних комбінаціях роботи насосних станцій; отримано показники енергоефективності роботи насосних агрегатів при різних комбінаціях роботи насосних станцій; визначено підхід до аналізу енергоефективності роботи

гідравлічної мережі колектору зі змінним у часі опором, змінними у часі комбінаціями роботи насосних станцій протягом доби.

Практичне значення одержаних результатів полягає у розробленні об'єктно-орієнтованої моделі робочого процесу гідравлічної мережі зі змінним у часі опором та визначенні її енергетичних показників у залежності від комбінації роботи насосних станцій, що дозволяє вибрати раціональний варіант графіку роботи насосних станцій та параметрів насосних агрегатів.

Особистий внесок автора.

Автором розроблено об'єктно-орієнтовану модель роботи напірного колектора, обраховані можливі комбінації роботи насосних станцій та визначені енергетичні показники їх роботи.

Робота складається зі вступу, 3 розділів, висновків, списку джерел з 6 найменувань, 26 сторінок машинописного тексту, 3 малюнків, 3 таблиць.

1 Розробка моделі гідравлічної мережі

1.1 Методи моделювання роботи гідравлічних мереж

Основними споживачами електроенергії в Україні є виробничі підприємства та об'єкти ЖКГ, у яких частка енергетичних витрат у собівартості наданих послуг може досягати 50-80%.

Високий рівень енергоємності послуг, що надаються міськими водопостачальними підприємствами, обумовлюється зовсім неефективним використанням енергії в технологічних виробничих процесах.

Тому єдиним можливим напрямком поліпшення стану сфери ЖКГ є перехід на якісно новий рівень надання житлово-комунальних послуг за рахунок зниження енергоємності продукції та послуг водопостачання.

Особливо великі труднощі виникають при експлуатації складних водорозподільних мереж великих міст. Занедбаний стан систем міського водопостачання несе в собі багато проблем і труднощів. В основному ці проблеми пов'язані насамперед із:

- Наявністю декількох гідравлічно взаємозалежних зон, що перебувають на різних геодезичних відмітках;
- Житловими мікрорайонами і будинками різної поверховості;
- Одночасною роботою декількох ВНС (водонасосних станцій) з різними насосними агрегатами на розгалужену гідравлічну мережу і пов'язаним з цим неконтрольованим перетіканням води при зміні режиму роботи хоча б однієї з ВНС;
- Недостатньою подачею води на верхні поверхи будинків у години максимального водорозбору;

- Перевитратою електроенергії від 15 до 50%, що викликана необхідністю встановлення обладнання надлишкової потужності для забезпечення максимальної витрати води.

Прийняття оперативних рішень для усунення згаданих проблем, пов'язаних з нестачею напору води в різних районах і окремих будинках, часто проводиться емпіричним способом і супроводжується значною соціальною напруженістю.

При експлуатації водопровідних мереж експлуатуючим організаціям, як правило, доводиться використовувати велику кількість різноманітної інформації, яка зазвичай виконана на планшетах різних масштабів, а довідкова інформація розміщена на сотнях сторінок різних журналів або карток. Тому одним із сучасних методів підвищення ефективності управління та розвитку водопровідних мереж міст є моделювання інженерних мереж.

Розвиток чисельних методів і потужностей обчислювальної техніки дозволяє використовувати для вирішення цих завдань все більш складні та точні математичні моделі, які лежать в основі відомих в даний час комп'ютерних систем проектування гідравлічних мереж.

Сучасний рівень розвитку комп'ютерних технологій і програмного забезпечення дозволяє досить швидко здійснювати необхідні математичні розрахунки і надавати результати моделювання як в табличних, так і в графічних видах.

В основі таких спеціалізованих розрахункових комплексів є реалізація чисельними методами рішення математичної задачі гідравлічного розрахунку, постановку якої проводили багато дослідників у своїх роботах, присвячених теорії гідравлічних ланцюгів.

В результаті цих досліджень в даний час створені і доступні на ринку спеціалізовані комерційні програмні продукти, що дозволяють моделювати гідравлічні режими в розподільних мережах, наприклад, такі, як: MIKE NET

(DHI Water & Environment, Німеччина), ГИС «Гидро Граф» (ІВЦ «Поток», Россия), ДМСКС (ІВЦ «Эколас», Україна) та ін.

Подібні спеціалізовані програмні комплекси призначені насамперед для моделювання різних гідравлічних процесів в системах водопостачання і дозволяють вирішувати багато проблем експлуатації мереж, робити розрахунок мережі як в статичному режимі (миттєвий розподіл), так і в квазістатичному режимі (розподіл води в часі). Наприклад, програмний комплекс MIKE NET дає можливість оцінити якість води, а саме розподіл хімічних речовин в мережі, застій води і відстежити розподіл води в мережі з конкретного джерела.

Використання подібних програмних пакетів, з точки зору організації енергоефективної експлуатації мереж, є дуже перспективним напрямком у сфері ЖКГ, оскільки всі ці програмні комплекси допомагають вирішувати три основні взаємопов'язані завдання, що виникають при експлуатації мереж:

- 1) виконувати гідравлічні розрахунки мережі в деякому розрахунковому режимі;
- 2) на підставі гідравлічних розрахунків в цьому режимі розраховувати діаметри прохідних перерізів у дросельних пристроях, які повинні бути встановлені на лініях;
- 3) виконувати ситуаційне моделювання, тобто проводити розрахунки гідравлічних режимів мережі в умовах, що відрізняються від розрахункових [3].

1.2 Математичне моделювання процесів в гідравлічних системах

Математичне моделювання нестационарних процесів в гідравлічних системах є однією з основ проектування різних гідравлічних систем централізованого водопостачання.

Результатом будь-якого гідравлічного розрахунку завжди є потокорозподілення. По кожній ділянці мережі знаходиться витрата продукту, що транспортується, а по кожному вузлу мережі - тиск. У той же час способи завдання вихідних даних можуть досить сильно відрізнятися між собою. Наприклад, якщо мережа не містить регуляторів (тиску, витрати або температури), то завдання гідравлічного розрахунку зводиться до системи нелінійних рівнянь великої розмірності. Наявність регуляторів значно ускладнює завдання розрахунку, оскільки в цьому випадку до системи рівнянь додаються ще й нерівності. Тому класична математична модель, що лежить в основі моделювання систем водопостачання, в загальному випадку являє собою систему рівнянь з урахуванням нелінійних зв'язків між перепадами тиску і витратами середовища, що транспортується в ділянках системи. Ділянки мережі з'єднуються між собою у вузлах. При цьому вирішується так звана стаціонарна задача потокорозподілу, що складається у визначенні видатків в кожному вузлі.

Повністю ця задача може бути вирішена тільки при виконанні двох основних умов:

перше і головне - відповідність фактичних витрат води кожного споживача витратам, введеним в модель через його опис;

друге - наявність технічних характеристик ділянок трубопроводів модельованої мережі (діаметрів, товщини стінки і шорсткості внутрішньої поверхні трубопроводів), отриманих на підставі вимірів витрат і тисків води в характерних точках мережі. На підставі цих даних формується опис цих ділянок у моделі.

Гідравлічні опори ділянок трубопроводів водопровідної мережі визначаються їх довжиною, внутрішнім діаметром, матеріалом, сумою місцевих опорів, коефіцієнтом шорсткості, ступенем заростання.

Для гідравлічних розрахунків використовуються формули Хазен-Вільямса, Дарсі-Вайсбраха або Чезі-Меннінга [4,5,6].

1.3 Особливості комп'ютерного моделювання роботи гідравлічної системи

У сучасних програмних комплексах розрахунок гідравлічного режиму гідравлічної мережі будь-якої складності реалізований у вигляді класичного розрахунку поточкорозподілу в однотрубних мережах з термінальними вузлами - джерелами і споживачами. Як правило, по вузлах-споживачах (абонентах) задаються навантаження (ліміти), за джерелами - напори, по насосних станціях другого підйому - витратно-напірні характеристики агрегатів, а також геометрія та рівні резервуарів чистої води, і параметри регуляторів у регулюючих вузлах водопровідної мережі.

У такій моделі насосні агрегати або групи насосів на станціях другого підйому описуються повною моделлю, що включає витратно-напірну характеристику групи насосних агрегатів, яка може бути задана граничними парами "витрата-напір", що описують робочу зону, або паспортними характеристиками встановлених насосних агрегатів (вибір з довідника насосів) і комбінацією їх включення.

Інструментарій підсистеми включає в себе табличні і графічні засоби аналізу режиму водопостачання, отриманого в результаті гідравлічного розрахунку, включаючи п'єзометричні графіки.

Результатом гідравлічного розрахунку є повне поточкорозподілення у водопровідній мережі та тиску у всіх її точках із зазначенням векторів напрямку руху води в системі.

Гідравлічний розрахунок є інструментом імітаційного моделювання водопровідних мереж. З його допомогою можливо відповісти на запитання, що станеться з гідравлічним режимом при тих чи інших штатних чи аварійних впливах на мережу, а також при різних умовах водоспоживання в силу добової або нерегулярної нерівномірності.

Про ситуаційне моделювання за допомогою інструментарію гідравлічного розрахунку водопровідної мережі можна говорити тільки у випадку, коли гідравлічна модель відкалібрована, тобто забезпечує максимальне наближення результатів гідравлічного розрахунку до даних натурних вимірювань. Таким чином, модель дозволяє досить точно прогнозувати режим роботи модельованої мережі при введених вихідних даних, з якими б застереженнями вони не були отримані. У цьому випадку з'являється можливість провести теоретичний аналіз роботи модельованої мережі, виявити її недоліки чи переваги, побачити якщо не кількісну, то, принаймні, якісну реакцію мережі на ці зміни режиму.

Використовуючи модель міських мереж, можливо аналізувати різні ситуації, які сталися або можуть статися з отриманням миттєвого аналізу наслідків даної ситуації (ефект математичного моделювання).

Математичне моделювання гідравлічної системи міста дозволяє наочно, з високим ступенем точності побачити причинно-наслідкові зв'язки роботи системи, тобто побачити те, що може статися в тих чи інших випадках і що фізично здійснити і побачити важко. Це дозволяє оперативно проаналізувати ситуацію і наслідки прийняття тих чи інших рішень з метою їх оптимізації, а саме дозволяє:

- Моделювати водопровідні мережі міста будь-якого розміру з прив'язкою їх до координат міста (вулиці, району, дома тощо);
- Розраховувати втрати напору для колін, фітінгів, засувки тощо;
- Розраховувати втрати напору в системі в результаті тертя;
- Простежувати витрату води в кожній трубі системи;
- Розраховувати кількість електроенергії, необхідної для перекачування води;
- Моделювати якість води, що знаходиться в системі в різних її точках;

- Розраховувати різні категорії вузлових втрат з урахуванням їх особистого графіка коливань втрат у часі;
- Моделювати реакції системи на різні типи засувки, поворотних клапанів тощо, що зменшують тиск і регулюють втрати напору;
- моделювати роботу системи як за рівнем води в резервуарі, так і за заданим графіком подачі води;
- Моделювати різні ситуації типу, що буде, якщо:
 - Відключити (включити) насос?
 - Відключити (закрити) засувку?
 - Поставити додаткову трубу?
 - Змінити тип насоса? і т.д.

Подальший аналіз гідравлічної системи на підставі даних розрахунку моделі дозволяє швидко знайти вузькі місця в системі з метою їх оптимального усунення. Маючи дані про основні параметри насосних станцій, топологію мережі, характер абонентів і режими водоспоживання, за допомогою моделювання можна визначити, що буде оптимальніше - реконструювати мережу або змінити зону дії насосної станції; визначити необхідні параметри насосної станції, порівнявши їх з існуючими. Тобто моделювання на етапі проектування дозволяє прийняти технічно та економічно обґрунтовані рішення, полегшує аналіз можливих ситуацій та забезпечує прийняття оптимальних рішень, а також дозволяє виявити фактори економії електроенергії.

У висновку можна відзначити, що сучасний підхід до експлуатації водорозподільних мереж із застосуванням комп'ютерних технологій приховує в собі чималий економічний ефект і є першим кроком до автоматизації процесів водопостачання та водовідведення із застосуванням сучасних енергоефективних технологій і є важливим етапом при проведенні якісного енергоаудиту гідравлічних мереж.

Основні переваги використання комп'ютерних моделей гідравлічних мереж полягають в наступному:

1. Створення моделі дозволить провести паспортизацію інженерної мережі, устаткування і споживачів (абонентів). Недостовірна та суперечлива інформація про мережі, наявна "на папері" у різних службах підприємства, безпосередньо стосується основних фондів та амортизаційних відрахувань.

Паспортизація мережі дає як непрямий результат зниження аварійності на 15-20%.

2. На основі достовірних даних комп'ютерна інформаційна система шляхом моделювання інженерної мережі та режимів її роботи, дозволяє вирішувати ряд важливих експлуатаційних завдань, а саме:

- здійснювати гідравлічні розрахунки, пов'язані з моделюванням перемикачів;
- визначати і планувати оптимальні гідравлічні режими при існуючих навантаженнях споживачів та продуктивності джерел;
- прогнозувати результат будь-яких «віртуальних» впливів на систему і приймати технічно обгрунтоване рішення у кожній конкретній ситуації;
- зберігати якість надання послуг, забезпечувати зниження втрат, аварійності мереж, штрафних санкцій;

3. Дозволяє проводити аналіз режимів роботи та оптимізацію завантаження насосних станцій та джерел води. А це означає можливість оптимального управління запасами води в резервуарах та завантаженням насосних станцій і зведення до мінімуму непродуктивних перекачувань. З урахуванням характеристик насосних агрегатів, наявних способів регулювання і даних про мережу, з'являється можливість переводити групи насосних агрегатів в такі режими, при яких вони будуть працювати в умовах максимального ККД.

Таким чином, сучасний підхід з використанням ЕОМ при експлуатації гідравлічних мереж несе в собі потенціал зниження експлуатаційних витрат енергоносіїв до 50% залежно від стану мереж і є перспективним напрямком для ЖКГ України [3].

2 Досвід застосування об'єктно-орієнтованого моделювання гідравлічних мереж

Зважаючи на те, що місто Суми за кількістю населення та структурою споживання водних ресурсів є типовим обласним центром України (кількість мешканців -275 тис.чоловік, об'єм добової подачі води у міську водопровідну мережу у середньому становить 60-65 тис.м³/добу, КНС за конструкцією є типовими з насосним та іншим обладнанням, яке працює у багатьох каналізаційних системах міст держави), результати проведених обстежень каналізаційних мереж, розрахунків, технічні пропозиції та висновки є цікавими і можуть бути використані для інших систем водовідведення.

За результатами обстежень технічного стану трубопроводів, основних будівель, резервуарів, обладнання КНС було розроблено схему реально існуючого напірного каналізаційного колектора міста. Однією з основних проблем було одержання реальних гідравлічних показників роботи насосного обладнання КНС, фактичних площ та форм перетинів трубопроводів, зважаючи на різноманітність швидкостей течії рідини у них та нерівномірності перекачування за об'ємом.

Збір первинних даних, їх аналіз та усереднення дали можливість розробити об'єктно-орієнтовану модель роботи напірного каналізаційного колектора. Модель ураховує географічне розташування мережі у межах міста, географічні висотні позначки розташування трубопроводів, насосного

обладнання п'яти насосних станцій, що працюють на практично один основний трубопровід, що має дублюючі нитки на деяких відрізках.

Схема реально існуючого напірного каналізаційного колектора м. Суми представлена на рис. 1.

Основна мета побудови об'єктно-орієнтованої моделі напірного колектору – це створення можливості моделювання ймовірних варіантів роботи мережі та насосного обладнання на неї з метою:

- діагностування гідравлічних параметрів трубопроводів;
- визначення параметрів енергоефективності роботи насосного обладнання;
- аналізу режимів роботи груп насосного обладнання, що працюють одночасно.

Для транспортування стоків з території міста до очисних споруд використовується здебільшого одна гілка трубопроводу. Вона являє собою, в основному, залізобетонну трубу діаметром 900 мм.

Загальна довжина трубопроводу становить близько 8000 м з перепадом геодезичних відміток близько 31 м.

Основні характеристики насосного обладнання представлено в табл. 1.

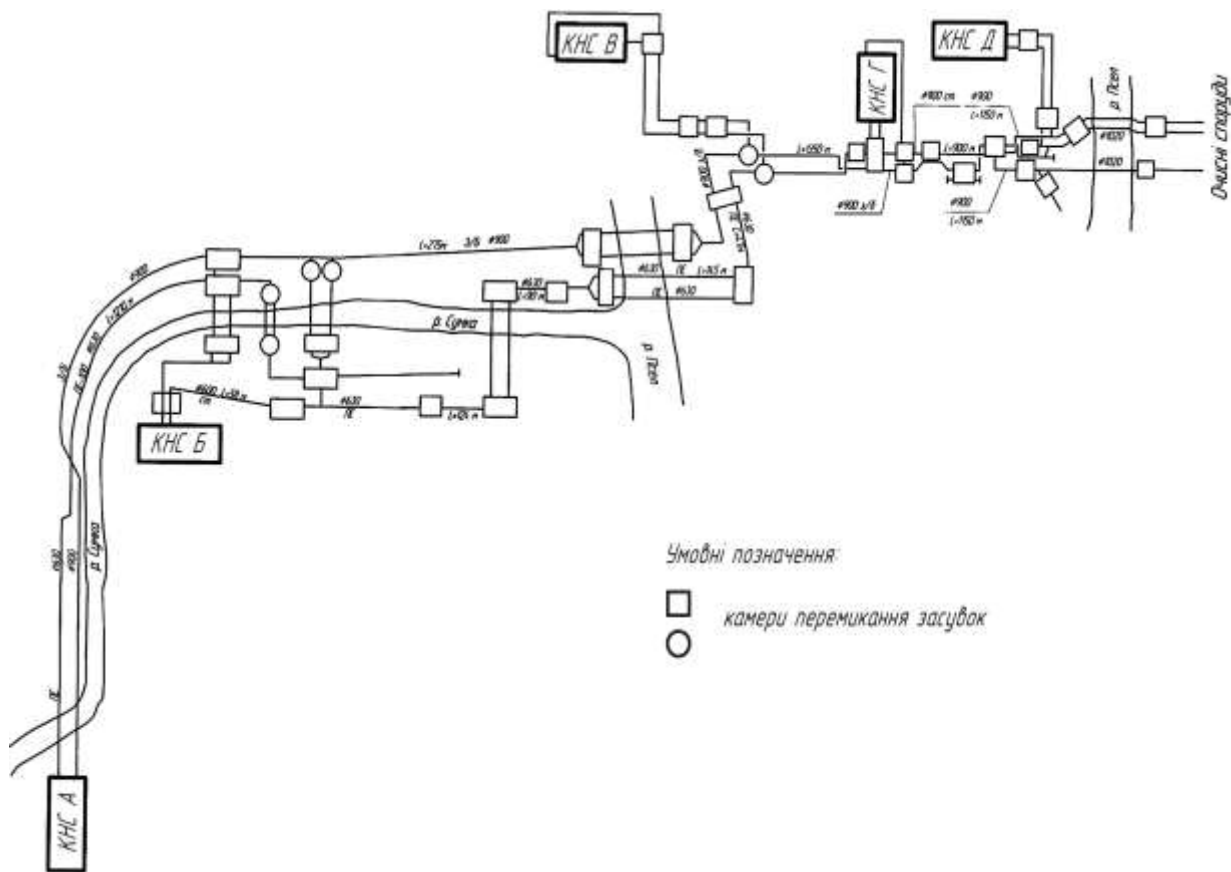


Рис.1 – Схема реально існуючого напірного каналізаційного колектора м. Суми

Таблиця 1 - Основні технічні характеристики насосного обладнання встановленого на КНС м. Суми

Найменування об'єкта	Найменування обладнання	Кількість	Реальні гідравлічні параметри	
			Подача Q, м ³ /год	Напір Н, м
КНС А	ЦН 800-50	3	700	50
	СД 450-56	1	450	56
КНС Б	СД 450-56	1	450	56
	СМ 200-150	1	200	80
	ЦН 800-50	1	700	50
КНС В	RITZ	1	640	56
	ФГ 540-95/2	2	450	95
	СД 450-56	2	450	56
КНС Г	СД 450-56	2	450	56
	ФГ 540-95/2	1	450	95
	FLYGT 3231	1	900	48
КНС Д	СД 450-56	1	450	56
	ФГ 540-95/2	1	450	95

Зважаючи на добовий графік надходження стоків на очисні споруди (рис. 2), послідовність роботи насосного обладнання на станціях та послідовність роботи самих станцій є хаотичними і нерегульованими з точки зору мінімізації споживання електроенергії, що використовується електродвигунами насосних агрегатів.

За критерій енергоефективності роботи системи напірного колектора було прийнято питомі витрати електричної енергії на перекачування 1 м^3 стоків.

Розрахунок проводився виходячи з кількості перекачаних стоків за місяць (як розрахунковий прийнято вересень 2009 року) - 1295235 м^3 . Згідно показань приладів обліку за цей період для виконання зазначеної роботи було спожито насосними агрегатами $523494 \text{ кВт} \cdot \text{год}$ електричної енергії. Таким чином питомі витрати електричної енергії становили $0,404 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^3$.

Аналіз коливань об'єму надходження стоків упродовж доби показав, що для різних діб ці графіки дещо відрізняються, але не суттєво. Тому зазначений графік був прийнятий як розрахунковий без осереднення статистичного матеріалу графіків надходження стоків.

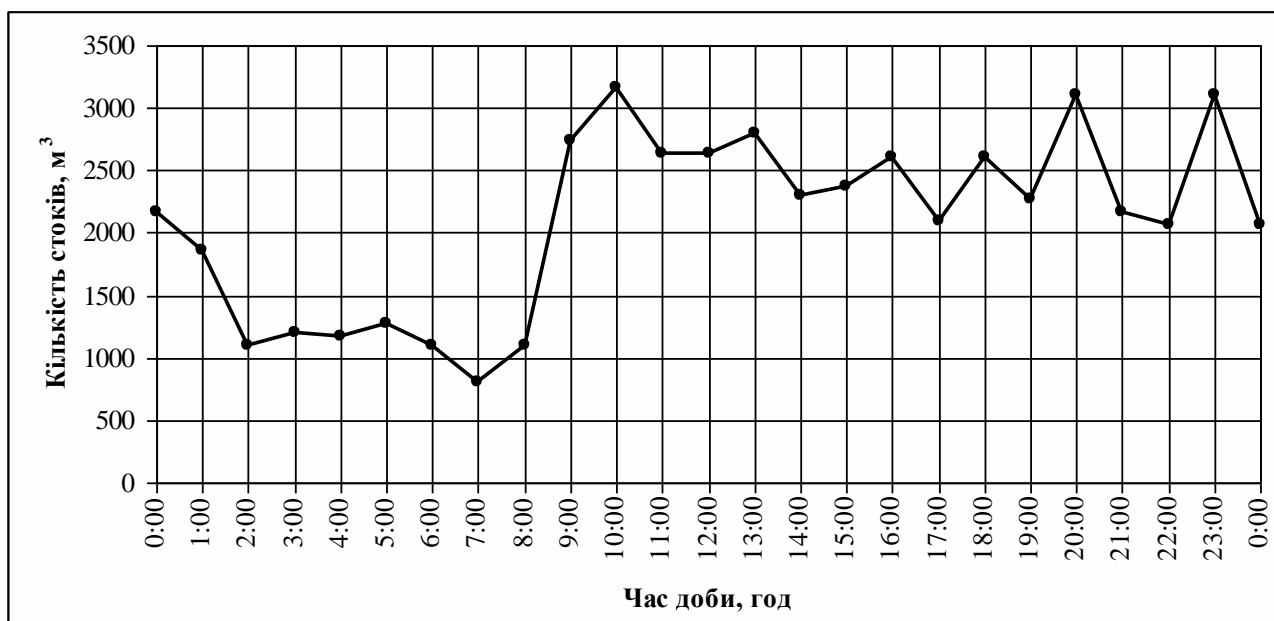


Рис. 2 – Приклад графіка надходження стоків на очисні споруди протягом доби

Результати об'єктно-орієнтованого моделювання роботи реально існуючого сьогодні в м. Суми колектора дають значення питомих витрат електроенергії близьке до розрахованого за фактичними даними значення $0,404 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^3$. Саме тому у подальшому результати моделювання були прийняті як базові при розробленні проектних пропозицій модернізації напірного колектора м. Суми з заміною трубопроводів та насосного обладнання КНС.

Проектні рішення потребували їх обґрунтування на основі проведення гідравлічного розрахунку та подальшого аналізу результатів. Зазначені розрахунки були одержані шляхом побудови об'єктно-орієнтованої моделі модернізованого колектора та аналізу результатів розрахунків можливих варіантів його роботи.

При формуванні моделі враховувалися:

1. Наявний парк насосного обладнання з його реальними гідравлічними та енергетичними характеристиками.
2. Фактична конфігурація та геометричні параметри відрізків трубопроводів, що проектується.
3. Опір трубопроводів, визначений з урахуванням довжини відрізків трубопроводів та шорсткості внутрішньої поверхні труби.
4. Наявність та параметри фактичного стану ємностей насосних станцій для накопичення стоків з самопливних колекторів.
5. Геодезичні висотні відмітки розташування насосного обладнання, резервуарів насосних станцій, трубопроводів, приймальних лотків очисних споруд.

Схема напірного каналізаційного колектора, що проектується для м. Суми, представлена на рис. 3.

Основні характеристики трубопроводу та насосного обладнання, передбачених проектом, представлено в табл. 2.

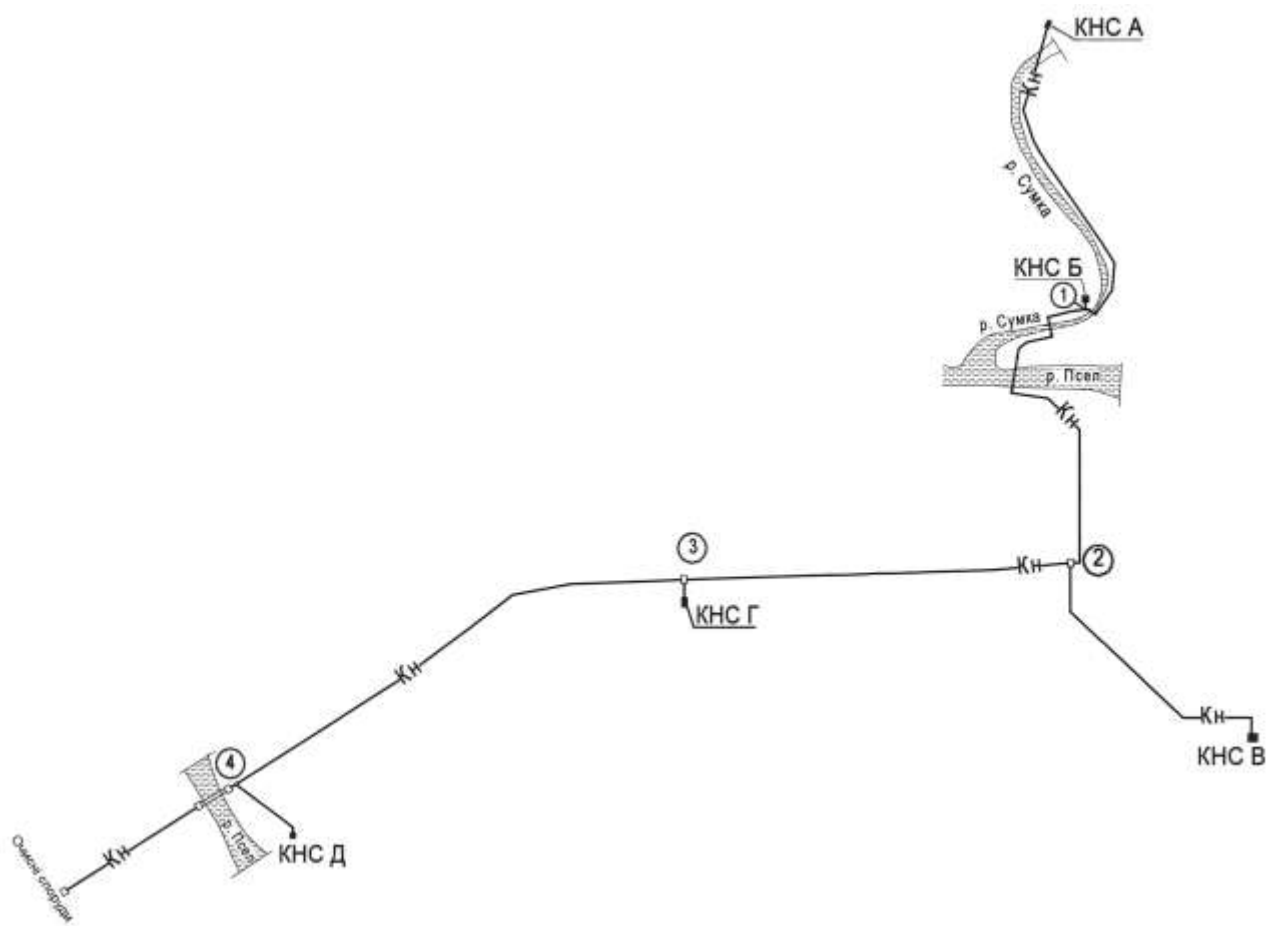


Рис.3 – Схема напірного каналізаційного колектора,
що проектується для м. Суми

Таблиця 2 - Основні характеристики трубопроводу та насосного обладнання за проектом напірного каналізаційного колектора для м. Суми

Ділянка по трасі		Відмітка землі на ділянці		Відмітка машзала КНС	Довжина ділянки, м	Внутрішній діаметр трубопровода, мм	Марки насосних агрегатів за проектом	Кількість насосних агрегатів даної марки
початок	кінець	початок	кінець					
КНС А	Точка 1	129,0	129,0	119,5	1200	555	ЦН 800-50 СД 450х56	1 1
КНС Б	Точка 1	129,0	129,0	119,1	50	555	ЦН 800-50	1
Точка 1	Точка 2	129,0	130,0		1350	555		
КНС В	Точка 2	129,0	130,0	117,7	1100	555	RITZ SW200-46	1
Точка 2	Точка 3	129,0	130,0		1500	626		
КНС Г	Точка 3	128,0	130,0	118,7	120	555	FLYGT 3231	1
Точка 3	Точка 4	130,0	128,0		1950	626		
КНС Д	Точка 4	129,1	128,0	120,5	450	555	СД 450х56	1
Точка 4	Приймальна камера	128,0	160,6		1500	719		

З використанням математичного апарату комбінаторики було розраховано кількість ймовірних варіантів (комбінацій) роботи насосного обладнання напірного каналізаційного колектора, що проектується для м. Суми. Для цього було використано формули для сполучень із 6 елементів (тобто 6 насосів, встановлених на КНС, що можуть працювати в різних комбінаціях, як окремо, так і по два, три, чотири, п'ять і всі разом). Згідно розрахунків дійшли висновку, що всього існує 63 ймовірних варіанти роботи насосного обладнання в різних комбінаціях.

Після узгодження кількості ймовірних варіантів роботи напірного каналізаційного колектора було виконано гідравлічний розрахунок для кожного з варіантів і визначено: подачу, напір і потужність насосних агрегатів; витрату, швидкості та втрати напору по водоводах; напори в контрольних точках схеми.

Далі було виконано енергетичний розрахунок ймовірних варіантів роботи напірного каналізаційного колектора і визначено енергоємність кожного з варіантів, як результат ділення сумарної потужності насосних агрегатів, що працюють в даному варіанті, на сумарну подачу.

Для аналізу отриманих результатів та обрання кращих з можливих варіантів було проведено ранжування всіх ймовірних варіантів роботи напірного каналізаційного колектора.

Результати розрахунків деяких ймовірних варіантів роботи (після ранжування в порядку збільшення енергоємності) приведено в табл. 3.

Таблиця 3 - Результати розрахунків деяких ймовірних варіантів роботи (після ранжування в порядку збільшення енергоємності)

№ ймовірного варіанта роботи	Найменування КНС, що працює в даному варіанті	Тип насоса, що працює в даному варіанті	Розрахункові значення					
			Q, м ³ /год	H, м	N, кВт	Q _{сум.} , м ³ /год	N _{сум.} , кВт	Енергоємність, кВт·год/м ³
1	КНС Д	СД 450-56	950,0	43,49	133,58	950	133,58	0,14
2	КНС Г	FLYGT 3231	995,0	48,98	159,40	995	159,40	0,16
3	КНС Б	ЦН 800-50	870,0	54,11	151,44	870	151,44	0,17
4	КНС А	ЦН 800-50	719,1	56,19	136,06	1599	268,52	0,17
	КНС Д	СД 450-56	879,9	46,23	132,46			
5	КНС Б	ЦН 800-50	801,4	56,13	145,36	1670	277,48	0,17
	КНС Д	СД 450-56	868,6	46,66	132,12			
6	КНС А	ЦН 800-50	406,1	61,88	85,21	1830	331,74	0,18
	КНС Б	ЦН 800-50	573,9	61,41	115,07			
	КНС Д	СД 450-56	850,0	47,37	131,47			
7	КНС А	ЦН 800-50	433,9	61,53	90,48	1980	365,78	0,18
	КНС В	RITZ SW200-46	723,6	63,72	145,01			
	КНС Д	СД 450-56	822,5	48,40	130,30			
8	КНС А	ЦН 800-50	586,2	59,08	117,04	1390	262,85	0,19
	КНС Г	FLYGT 3231	803,8	54,83	145,81			

9	KHC A	ЦН 800-50	303,9	62,94	64,93	1520	303,74	0,20
	KHC Б	ЦН 800-50	488,7	62,85	100,54			
	KHC Г	FLYGT 3231	727,4	57,24	138,27			
10	KHC A	ЦН 800-50	38,3	64,09	8,33	1670	347,08	0,21
	KHC Б	ЦН 800-50	358,9	64,52	76,00			
	KHC В	RITZ SW200-46	637,0	66,96	135,13			
	KHC Г	FLYGT 3231	635,8	60,17	127,62			
11	KHC A	ЦН 800-50	20,0	64,58	90,00	2300	536,59	0,23
	KHC Б	ЦН 800-50	307,6	65,01	65,68			
	KHC В	RITZ SW200-46	616,6	67,72	132,51			
	KHC Г	FLYGT 3231	585,6	61,81	121,03			
	KHC Д	СД 450-56	770,2	50,33	127,38			
12	KHC A	ЦН 800-50	1,0	65,87	95,00	2300	551,68	0,24
	KHC A	СД 450-56	219,9	65,87	49,33			
	KHC Б	ЦН 800-50	143,3	65,98	31,09			
	KHC В	RITZ SW200-46	599,3	68,38	130,20			
	KHC Г	FLYGT 3231	570,7	62,30	118,96			
	KHC Д	СД 450-56	765,8	50,48	127,10			

3 Напрями розвитку роботи

Подальший розвиток вирішення проблеми, розглянутої у роботі, полягає у визначенні функції залежності між споживанням води у водопроводі питного водопостачання та наповненням ємностей каналізаційних станцій, які підключені до напірного колектора. Визначення цієї залежності дозволяє у подальшому розробити методику вибору насосного обладнання каналізаційних насосних станцій, методу та алгоритму їх регулювання.

Висновки

Сучасний підхід до моделювання роботи гідравлічних мереж з використанням ЕОМ несе в собі потенціал зниження експлуатаційних витрат енергоносіїв до 50% залежно від стану мереж і є перспективним напрямком для ЖКГ України

Ранжування ймовірних варіантів роботи напірного каналізаційного колектора в порядку зростання показника енергоємності дало змогу зробити наступні висновки:

- Найменшим показник енергоємності є для всіх шести ймовірних варіантів, коли лише один з насосних агрегатів працює на водовод.
- Другою за показником енергоємності є група варіантів, коли насос останньої перед очисними спорудами КНС працює в парі з насосом будь-якої іншої КНС.
- Третім за значимістю є показник у групи варіантів, коли насос останньої перед очисними спорудами КНС працює з насосами двох будь-яких інших КНС.
- Найбільшу енергоємність мають варіанти роботи, коли:
 - працюють в парі два насосних агрегати будь-яких КНС (крім останньої перед очисними спорудами КНС);
 - працюють три насоси будь-яких КНС (крім останньої перед очисними спорудами КНС);
 - працюють чотири або п'ять насосів будь-яких КНС;
 - працюють всі шість насосів.

Показник енергоємності розрахованих згідно проекту модернізації колектора ймовірних варіантів роботи запроектованого обладнання коливається в межах від 0,14 до 0,24 кВт·год/м³, що є меншим за фактичний показник, який був прийнятий як базовий (0,404 кВт·год/м³).

Одержані результати пояснюються різними гідравлічними характеристиками насосного обладнання, що є у наявності на КНС, місцем розташування насосного обладнання у гідравлічній системі напірного колектора та, як наслідок, взаємним впливом при його паралельній роботі.

Тому, при проектуванні таких об'єктів, як напірні каналізаційні колектори, що працюють у сукупності з насосним обладнанням КНС, необхідно враховувати взаємний вплив роботи КНС та їх насосного обладнання. Урахування цієї особливості необхідне при розробці режимів роботи систем напірних колекторів (КНС та трубопроводів) для мінімізації об'ємів споживаної електроенергії насосними агрегатами КНС.

Проведення таких розрахунків з застосуванням об'єктно-орієнтованої моделі є прийнятним з точки зору продуктивності проведення роботи та якості результатів.

Список літератури

1. Кравченко В.С. Водопостачання та каналізація. Підручник.— "Кондор", 2007 – 288 с.
2. Запольський А.К. Водопостачання, водовідведення та якість води. Підручник. – К.: Вища школа, 2005. – 671 с.
3. Зинченко В.В. Особенности моделирования водораспределительных сетей коммунального хозяйства // Вестник СумГУ.Серия Технические науки. – 2008. - №2. – С.135-140.
4. Яковлев С.В., Карелин Я.А., Жуков А.И., Колобанов С.К. Канализация. Учебник для вузов. - 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1975. – 632 с.
5. Курганов А.М., Федоров Н.Ф. Справочник по гидравлическим расчетам систем водоснабжения и канализации. – Л.: Стройиздат, 1973. – 408 с.
6. Зацепина М.В. Курсовое и дипломное проектирование водопроводных и канализационных сетей и сооружений: Учеб. пособие для техникумов. – Л.: Стройиздат, 1981. – 176 с.